



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 40 32 569 A 1

⑯ Int. Cl. 5:
H 02 N 6/00
H 02 M 7/44
// H02J 7/35, G05F
1/67

⑯ Aktenzeichen: P 40 32 569.5
⑯ Anmeldetag: 13. 10. 90
⑯ Offenlegungstag: 16. 4. 92

DE 40 32 569 A 1

⑯ Anmelder:
Flachglas-Solartechnik GmbH, 5000 Köln, DE

⑯ Vertreter:
Boehmert, A., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.; Stahlberg, W.,
Rechtsanw.; Hoermann, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 2800
Bremen; Goddar, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Busch,
T., Dipl.-Ing.; Liesegang, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 8000 München; Kuntze, W.; Kouker, L.,
Dr., Rechtsanwälte; Winkler, A., Dr.rer.nat.,
Pat.-Anw., 2800 Bremen

⑯ Erfinder:
Ortjohann, Egon, Dr.-Ing., 3470 Höxter, DE;
Rosendahl, Reiner, Dipl.-Ing., 4150 Krefeld, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Netzgekoppelte Photovoltaikanlage

⑯ Eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage, mit einem Solar-
generator, welcher eine Vielzahl seriell oder parallel ver-
schalteter Modulen umfaßt, mit wenigstens einem Wechsel-
richter zum Umwandeln der erzeugten Gleichspannung in
Wechselspannung und mit einer Einrichtung zum Anbinden
an das Netz, welche ein Leistungsteil umfaßt, ist dadurch
gekennzeichnet, daß jedes der Modulen einen integrierten
Wechselrichter aufweist.

DE 40 32 569 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage, mit einem Solargenerator, welcher eine Vielzahl seriell oder parallel verschalteter Modulen umfaßt, mit wenigstens einem Wechselrichter zum Umwandeln der erzeugten Gleichspannung in Wechselspannung und mit einer Einrichtung zum Anbinden an das Netz, welche einen Leistungsteil umfaßt.

Eine solche Anlage ist in dem Aufsatz "Photovoltaikanlage in Fellbach", Sonnenenergie 2/90, Seiten 16 ff. (1990), beschrieben. Der Solargenerator besteht dabei aus einer Vielzahl verschalteter Modulen, die zu sogenannten Strings seriell verschaltet sind, wobei durch die Anzahl der Modulen die Ausgangsspannung der Strings festgelegt ist. Je nach gewünschter Ausgangsleistung wird eine entsprechende Anzahl von Strings parallelgeschaltet. Die Umwandlung der durch den Solargenerator erzeugten Gleichstromgrößen in netzkonforme elektrische Größen, also Wechselströme und Wechselspannungen, erfolgt mittels eines gemeinsamen Wechselrichters.

Dazu müssen die Strings auf einer Gleichstromsammelschiene zusammengefaßt werden. Um die Ohm'schen Leitungsverluste möglichst gering zu halten, ist ein vergleichsweise großer Querschnitt der Schiene notwendig. Eine derartige bekannte Anlage hat auch den Nachteil, daß das leistungsschwächste Modul innerhalb eines Strings den Stringstrom begrenzt. Dies führt wiederum zu einer Leistungsschwächung der Gesamtanlage. Eine solche Leistungsschwächung kann beispielsweise bei Teilabschaltung des Solargenerators auftreten, wenn also nicht die gesamte Generatorfläche ausgeleuchtet ist. Weiterhin gestaltet es sich schwierig, die Funktionsfähigkeit der einzelnen Modulen individuell zu überwachen. Dazu wird auf die DE-GM 88 15 963 verwiesen, aus der bekannt ist, eine Shuntdiode, die zur Überbrückung eines defekten Moduls dient, auch dazu zu verwenden, eine lichtemittierende Diode oder ein Drehspulgerät anzusteuern, um so die Möglichkeit zu haben, die Position eines defekten Moduls im Solargenerator optisch festzustellen. Hier wird der große Schaltungsaufwand deutlich, der zur Lösung dieses Einzelproblems notwendig ist.

Es ist weiterhin aus der DE-OS 36 11 545 bekannt, bei einem Modul, das von einem Rahmen aus Hohlprofilen umgeben ist, in einem solchen Hohlräum ein elektrisches Regelgerät anzusiedeln, das Steuer-, Regel- und/oder Wandelfunktion hat. Ein solches Regelgerät muß in seinen Abmessungen optimal an den Hohlräum des Profiles angepaßt werden, damit das so ausgestattete Modul an ein anderes angelegt werden kann. Damit ist ein solches Modul wenig variabel und somit zur Serienfertigung ungeeignet.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Photovoltaikanlage zu schaffen, die auch in Kleinserien kostengünstig herstellbar ist und bei der der Ausfall einzelner Modulen den Wirkungsgrad der gesamten Anlage kaum oder gar nicht beeinträchtigt.

Diese Aufgabe wird von einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage der eingangs genannten Gattung mit den Merkmalen des Kennzeichens von Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß weist jedes der Modulen einen integrierten Wechselrichter auf, außerdem ist — insbesondere bei größeren Anlagen — ggf. die Einrichtung zum Anbinden an das Netz eine Zentraleinheit, die zur

Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtanlage geeignet ist. Der Wechselrichter übernimmt üblicherweise auch das Einstellen des maximalen Leistungspunktes, was aufgrund der nicht linearen U/I-Kennlinie von Photovoltaikanlagen notwendig ist. Bei der Anlage gemäß der vorliegenden Erfindung kann nunmehr jedes Modul in seinem optimalen Arbeitspunkt betrieben werden. Hierdurch wirken sich Teilabschaltungseffekte nur auf die betroffenen Modulen aus und beeinträchtigen den Wirkungsgrad der gesamten Anlage nur wenig. Die Zentraleinheit übernimmt dann die Steuerung und/oder Überwachung unter Berücksichtigung von Parametern, die beispielsweise durch Auflagen der Energieversorgungsunternehmen in den Prozeß einfließen müssen, wie etwa Maßnahmen für den Netzsicherung oder dergleichen.

Bevorzugt sind die Modulen über die zu deren Steuerung zu erfassenden Meßdaten auch überwachbar. Um die Wechselrichtersteuerung für jedes Modul durchführen zu können, müssen Meßdaten auf der Gleichstromseite und auf der Wechselstromseite erfaßt werden. Es bedeutet daher kaum zusätzlichen Aufwand, diese Information zu verwenden, um einen Ausfall eines Moduls festzustellen.

Es kann dazu ein gemeinsamer Datenbus die Daten einer Vielzahl von Modulen der Zentraleinheit zuführen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform weist die Zentraleinheit zur Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtheit der Modulen ein Steuerteil auf. Dieses Steuerteil kann nicht nur funktionell, sondern auch räumlich vom Leistungsteil getrennt sein. Dies ist vorteilhaft im Sinne einer möglichst weitgehenden Standardisierbarkeit. Die einzelnen Komponenten der Zentraleinheit können dabei so konzipiert sein, daß der Einbau in Systemschränke möglich ist. Dadurch kann der Verkabelungsaufwand zur Netzanbindung beträchtlich gesenkt werden. Ohne zusätzlichen Gehäuseaufwand kann dann die Zentraleinheit mit in die bereits vorhandene Hausinstallation eingebunden werden.

Besonders bevorzugt ist es, wenn in der Zentraleinheit Leistungsteil und Steuerteil unabhängig voneinander modularaufbaubar sind. Dies erlaubt insbesondere eine individuelle Anpassung des Leistungsteils an die Generatorleistung, während der Steuerteil unabhängig davon aufgebaut werden kann.

Mit der erfindungsgemäßen Anlage wird erreicht, daß der üblicherweise erforderliche Verdrahtungsaufwand erheblich verringert wird. Beispielsweise entfällt auch die aufwendige Gleichstromsammelschiene. Die Möglichkeit zur Modulüberwachung wird bei der erfindungsgemäßen Anlage sozusagen mitgeliefert. Darüber hinaus würde auch der Ausfall eines oder mehrerer Modulen nicht die verheerenden Konsequenzen wie bei einer konventionellen Anlage haben und den Gesamtwirkungsgrad der Anlage nur unwesentlich beeinträchtigen.

Im folgenden soll die Erfindung anhand der Zeichnung lediglich beispielhaft dargestellt werden. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen netzgekoppelten Photovoltaikanlage,

Fig. 2 ein Funktionschaltbild eines photovoltaischen Moduls mit integriertem Wechselrichter,

Fig. 3 ein Blockschaltbild der Zentraleinheit,

Fig. 4 eine Darstellung des mechanischen Aufbaus des Moduls mit integriertem Wechselrichter,

Fig. 5 eine schematische Darstellung des Aufbaus der Verbindungselemente des Wechselrichters,

Fig. 6 eine schematische Ansicht im Längsschnitt des

Wechselrichters,

Fig. 7 eine schematische Darstellung des Leistungs-
teiles der Zentraleinheit, und

Fig. 8 eine Außenansicht des Steuerteils der Zentral-
einheit.

Fig. 1 zeigt eine schematische Gesamtansicht der er-
findungsgemäßen Photovoltaik-Anlage. Eine Vielzahl
von Modulen 1, 1', 1'' sind zu Strings L1-S, L2-S und L3-S
zusammengefaßt. Jedes der Modulen 1, 1', 1'' ist mit ei-
nem eigenen Wechselrichter 2, 2', 2'' versehen und über
diesen direkt mit dem Netz 4 verbunden. Jedes Modul 1,
1', 1'' stellt somit eine eigenständige netzgekoppelte
Einheit dar. Die Strings können beispielsweise die drei
Phasen eines Niederspannungs-Drehstromsystems bilden.
Jeder String bildet somit eine eigenständige Einheit
und wird mit einer Betriebsspannung von je 220 Volt
betrieben. Über die Strings L1-S, L2-S, L3-S sind die
Modulen mit der Zentraleinheit 3 verbunden. Diese Zentraleinheit 3 stellt das Bindeglied zum Netz 4 dar. Sie hat
weiterhin ggf. Überwachungsfunktion für die dezentrali-
sierten Wechselrichter 2, 2', 2''. Dazu ist dann ggf. ein
Datenbus 5 vorgesehen, über den jedes der Modulen mit
der Zentraleinheit kommunizieren kann. Über den Da-
tenbus 5 erhält die Zentraleinheit 3 Informationen, die es
ihr ermöglichen, die Funktionsfähigkeit der Modulen
1, 1', 1'' zu überwachen. Dabei werden nicht nur Leis-
tungskenndaten überprüft, sondern auch mögliche Mo-
duldefekte können lokalisiert werden, so daß sich anfal-
lende Wartungsarbeiten zielgerichtet und genau durch-
führen lassen. Die Strings L1-S, L2-S und L3-S werden
hinter der Zentraleinheit 3 als Phasenleiter L1, L2, L3
weitergeführt, während ein gemeinsamer Nulleiter N
vorgesehen ist, die dann jeweils an das Netz 4 angekop-
pelt werden.

Fig. 2 zeigt das Funktionsschaltbild eines Moduls 1
mit integriertem Wechselrichter 2. Auf schaltungstechni-
sche Weise ist die Gleichstromseite DC des
Wechselrichters 2 an den photovoltaischen Ausgang des
Moduls 1 gelegt. Von dieser Gleichstromseite wird über
die Meßleitung 12 Information abgenommen und einer
Steuereinheit 11 zugeführt. Der Wechselrichter 2 kon-
vertiert die Gleichstromgrößen dann in Wechselstrom-
größen, die von der Wechselstromseite AC abge-
nommen werden. Eine Meßleitung 13 führt wiederum Infor-
mation von der Wechselstromseite auf die Steuereinheit
11. Die Steuereinheit 11 wiederum bereitet die Infor-
mation zum Ansteuern des Leistungsteiles 10 des Wechsel-
richters 2 auf. Der Wechselrichter 2 wird so betrieben,
daß er an seinem MPP-Punkt (Maximum Power Point),
also an dem optimalen Arbeitspunkt des Moduls betrie-
ben wird. Weiterhin gibt die Steuereinheit 11 Signale an
den Datenbus 5, der diese Daten der Zentraleinheit zum
Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Moduls 1 zu-
führt. Ein solcher Wechselrichter unterscheidet sich
grundsätzlich nicht von solchen, die in Anlagen nach
dem Stand der Technik verwendet werden. Ein Vorteil
ergibt sich aber aus der relativ geringen Übertragungs-
leistung, die je nach Modul zwischen 50 W und 150 W
betragen kann. Aufgrund der geringen Übertragungs-
leistung ist ein platzsparender Leiterplattengesamtauf-
bau möglich.

In der Gesamtanlage müssen relativ viele Wechsel-
richter elektrisch nahe parallelgeschaltet werden. Dies
erfordert ein neues Steuerungskonzept, das die Blind-
und Wirkungssteuerung sowie das MPP-Tracking, also
das Hinführen zum optimalen Arbeitspunkt, beinhaltet.
Zur Steuerung kann beispielsweise eine Parameter-
steuerung eingesetzt werden, die auch schon in anderen

Bereichen mit großem Erfolg eingesetzt worden ist. Mit
heute verfügbaren leistungsstarken Microcontrollern
kann die Steuerung realisiert werden.

Fig. 3 zeigt das Funktionsschema der Zentraleinheit,
die sich aus Leistungsteil 31 und Steuerteil 32 zusam-
mensetzt. Der Leistungsteil umfaßt die Zuleitungen für
die Strings L1-S, L2-S und L3-S, deren Nulleiter gemein-
sam zu dem ausgehenden Nulleiter N zusammengefaßt
werden. Über Leistungsschützer 51 können die Phasen-
leiter L1, L2, L3 aktiviert werden. Jeder der Phasenleiter
L1, L2, L3 und der Nulleiter N liefern Information an
einen Meßwandler 52, der diese Information dann an
den Steuerteil weiterführt. Der Leistungsteil kann wei-
terhin Vorsicherungen umfassen und läßt sich auf kon-
ventionelle Weise aufbauen. Der Steuerteil 32 besteht
aus fünf Funktionsblöcken, nämlich dem Funktions-
block 57 für die Meßwert erfassung, dem Buskoppler 54,
dem Steuerblock 58 für den Netzschatz, dem Steuer-
und Überwachungsblock 55 und der Anzeige 59. Der
Funktionsblock 57 dient der Auskopplung der relevan-
ten Meßgrößen. Dabei wird vom vorgesetzten Meß-
wandler 52 einerseits die galvanische Trennung und an-
andererseits die Pegelanpassung vorgenommen. Der Bus-
koppler 54 koordiniert die Datenübertragung vom und
auf den Datenbus 5. Der Aufbau des Datenbus 5 richtet
sich nach der Anzahl der verwendeten Modulen und nach
deren strukturellem Aufbau bzw. deren Anordnung in
Strings. Es können dabei bekannte Techniken angewen-
det werden, wobei aber sicherzustellen ist, daß eine Lo-
kalisierung eines jeweils angesprochenen Moduls über
den Datenbus 5 immer möglich ist. Der Steuerblock 58
enthält vorgebbare, gespeicherte Parameter, die den
entsprechenden Vorschriften des jeweiligen Energie-
versorgungsunternehmens Rechnung tragen. Er über-
nimmt die netzseitige Überwachung der Anlage sowie
gegebenenfalls das Abschalten. Im zentralen Steuer-
und Überwachungsblock 55 sind die entsprechenden
Funktionen für den Netzschatz und für die Modulüber-
wachungen programmiert und abgelegt. Relevante An-
lagegrößen, beispielsweise Störmeldungen, können
über die Anzeige 59, die vom Block 55 angesteuert wird,
ausgegeben werden.

Fig. 4 zeigt ein Modul 1 mit integriertem Wechsel-
richter, dessen Gehäuse 20 auf der Rückseite des Mo-
duls angebracht ist. In dem Gehäuse 20 integriert befin-
den sich die Verbindungselemente für den Datenbus
und für die Netzanbindung, wobei eine Unterteilung
nach Daten und Netz vorgenommen ist. Für jede der
Funktionsgruppen "Daten- und "Netz" ist jeweils ein
Eingang E und ein Ausgang A vorgesehen.

Fig. 5 zeigt den Aufbau der Verbinder 26. Die Verbin-
der 26 weisen Stecker 28 auf, die jeweils unterschiedlich
ausgebildet sind, so daß ein Vertauschen nicht möglich
ist. Jeder Verbinder 26 ist mit einem Gewinde 29 sowie
einer Dichtung 30 versehen. Die Verschaltung der Mo-
dulen erfolgt über vorkonfektionierte Leitungen, deren
Ende mit entsprechenden Kupplungen oder Steckern
versehen sind.

Der Aufbau des Wechselrichters 2 mit zugehöriger
Steuerelektronik 23 kann aufgrund der geringen Über-
tragungsleistung zusammen auf einer Leiterplatte erfol-
gen. Die Längsschnittansicht aus Fig. 6 zeigt ein Gehäu-
se 20, in dem auf Abstandhaltern 21 eine Leiterplatte 22
ruht. Diese Leiterplatte 22 trägt die erforderlichen Elek-
tronikkomponenten 23. Zur Leiterplatte sind Anschlüs-
se 27 geführt, die mit dem Stecker 28 verbunden sind.
Der Stecker 28 mündet in dem Verbinder 26 an einer
Außenwand des Gehäuses 20. Das Gehäuse 20 ist mit

einer Abdeckkappe 24 verschließbar, wobei eine umlaufende Dichtung 25 vorgesehen ist, die das Eindringen von Schmutz und dergleichen verhindert.

Fig. 7 zeigt den Aufbau des Leistungsteils 31 der Zentraleinheit. Der Leistungsteil besteht aus Meßwandlern, dem Leistungsschutz und Sicherungen 35. Die Sicherungen 35 sind auf einer Klemmschiene 34 angeordnet. Ein Gehäuse nimmt das Schütz und die Meßwandler auf. An geeigneter Stelle erfolgt die Zuführung der Phasenleiter bzw. der Strings. Die äußeren Abmessungen des Leistungsteils 31 sind so gewählt, daß ein Einbau in System-schränke, wie sie üblicherweise in Hausinstallationen eingesetzt werden, möglich ist. Die Verbindung zum Steuerteil 32 wird über externe Meß- und Steuerleitungen 33 vorgenommen.

Fig. 8 zeigt eine Außenansicht des mechanischen Aufbaus des Steuerteiles. Die Netzschatzparameter sind gesondert eingebbar bzw. einstellbar, wobei der zugehörige Funktionsblock mit einer Abdeckung 60 versehen werden kann. Eine Plombe 61 schützt vor unberechtigtem Zugang. Mit dem Tastenfeld 62 kann der Anlagenzustand abgefragt werden, die Anzeige 59 visualisiert auftretende Störungen oder aktuelle Anlagendaten.

Durch die Trennung von Leistungsteil und Steuerteil ist ein modularer Anlagenaufbau möglich. Es können dabei mehrere Leistungsteile mit einer Steuereinheit kombiniert werden. Damit lassen sich Anlagen auf einfache Weise erweitern, auch Anlagen größerer Leistung können mit einem bereits vorhandenen Steuerteil betrieben werden.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

1 Modul	40	55 Steuer- und Überwachungsblock
2 Wechselrichter		57 Funktionsblock für die Meßwerterfassung
3 Zentraleinheit		58 Steuerblock für den Netzschatz
4 Netz		59 Anzeige
5 Datenbus		60 Abdeckung
10 Leistungsteil des Wechselrichters	45	61 Plombe
11 Steuereinheit		62 Tastenfeld
12 Meßleitung Gleichstromseite		L1-S Phasenstring
13 Meßleitung Wechselstromseite		L2-S Phasenstring
20 Gehäuse	50	L3-S Phasenstring
21 Abstandhalter		L1 Phasenleiter
22 Leiterplatte		L2 Phasenleiter
23 Elektronikkomponenten		L3 Phasenleiter
24 Abdeckkappe		N Nulleiter
25 Dichtung	55	
26 Verbinder		
27 Anschlußleitungen		
28 Stecker		
29 Gewinde		
30 Dichtung	60	
31 Leistungsteil		
32 Steuerteil		
33 Meß- und Steuerleitung		
34 Klemmschiene		
35 Sicherung	65	
51 Leistungsschutz		
52 Meßwandler		
54 Buskoppler		

Patentansprüche

1. Netzgekoppelte Photovoltaikanlage, mit einem Solargenerator, welcher eine Vielzahl seriell oder parallel verschalteter Moduln umfaßt, mit wenigstens einem Wechselrichter zum Umwandeln der erzeugten Gleichspannung in Wechselspannung und mit einer Einrichtung zum Anbinden an das Netz, welche einen Leistungsteil umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Moduln (1, 1', 1'') einen integrierten Wechselrichter (2, 2', 2'') aufweist.
2. Photovoltaikanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Anbinden an das Netz eine Zentraleinheit (3) ist, welche zur Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtanlage geeignet ist.
3. Photovoltaikanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Moduln (1, 1', 1'') über die zu deren Steuerung zu erfassenden Meßdaten auch überwachbar sind.
4. Photovoltaikanlage nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsamer Datenbus (5) die Daten einer Vielzahl von Moduln (1, 1', 1'') der Zentraleinheit (3) zuführt.
5. Photovoltaikanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentraleinheit (3) zur Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtheit der Moduln ein Steuerteil (32) aufweist.
6. Photovoltaikanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zentraleinheit (3) Leistungsteil (31) und Steuerteil (32) unabhängig voneinander modular aufbaubar sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

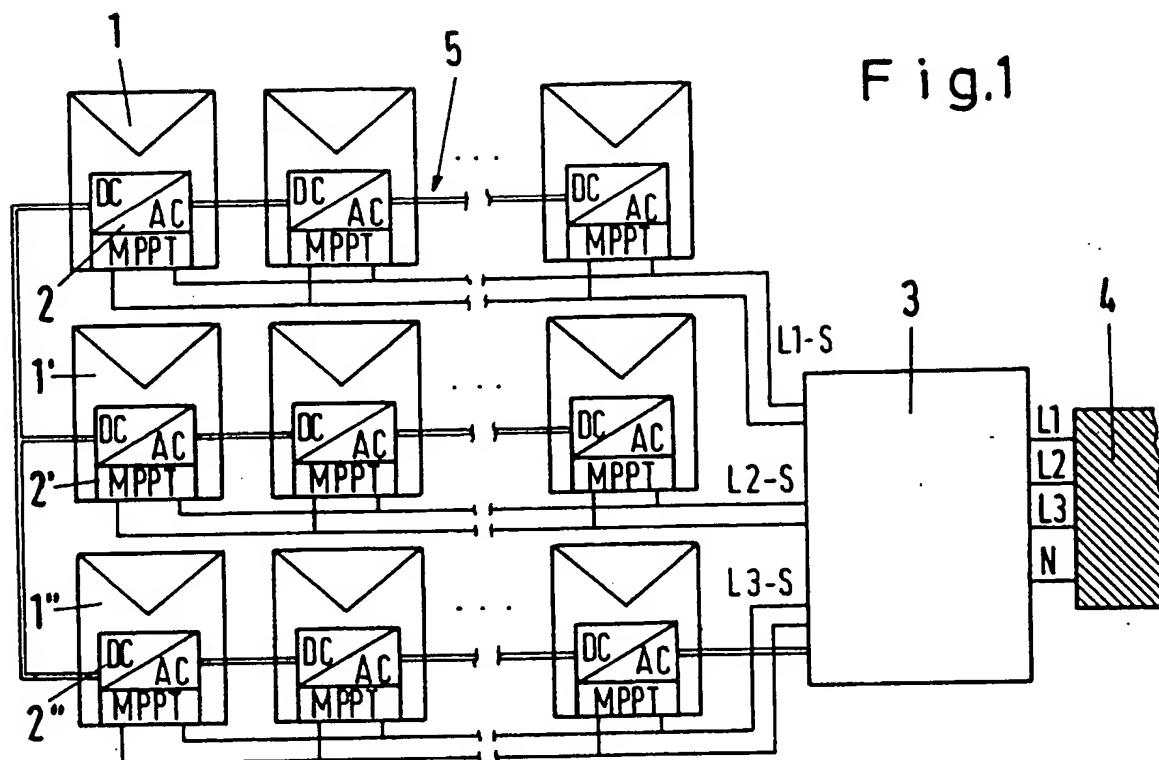


Fig.1

Fig.2

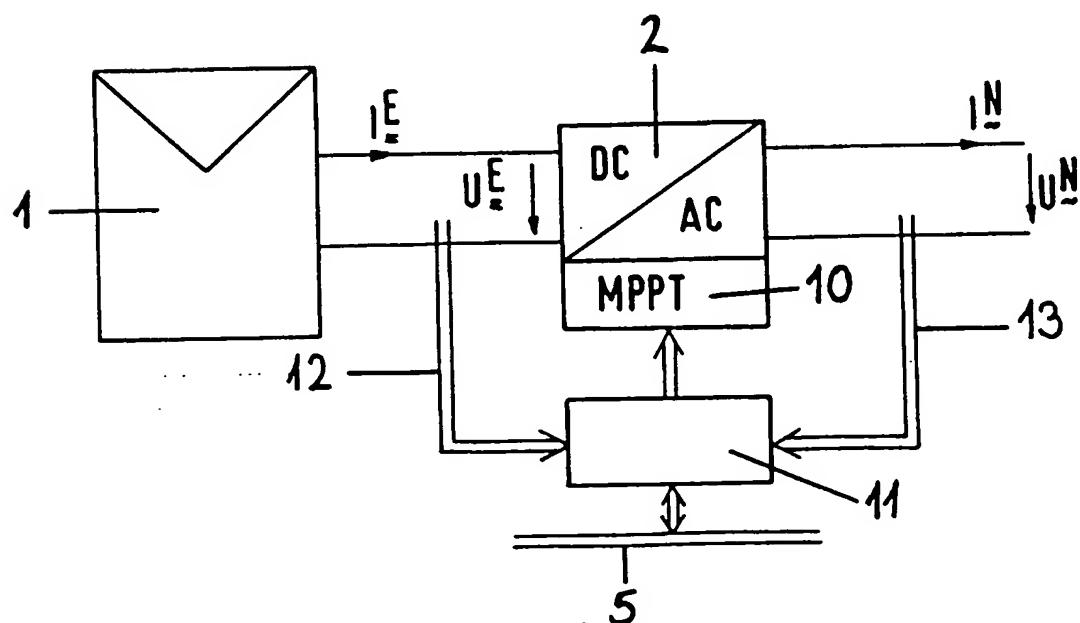


Fig.3

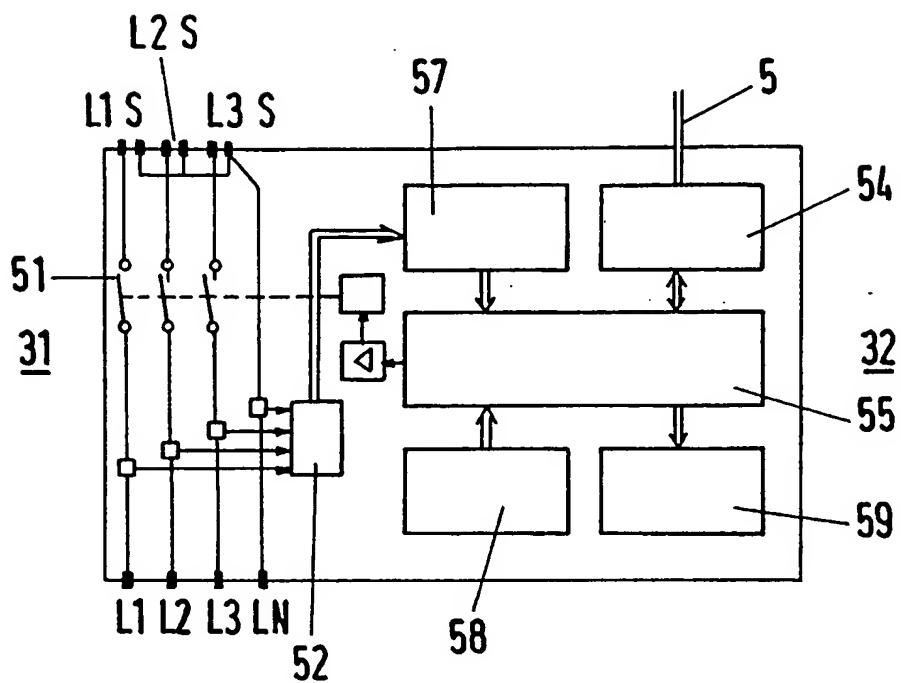


Fig.4

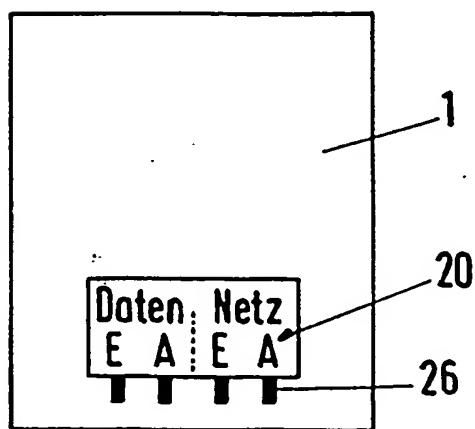


Fig.5

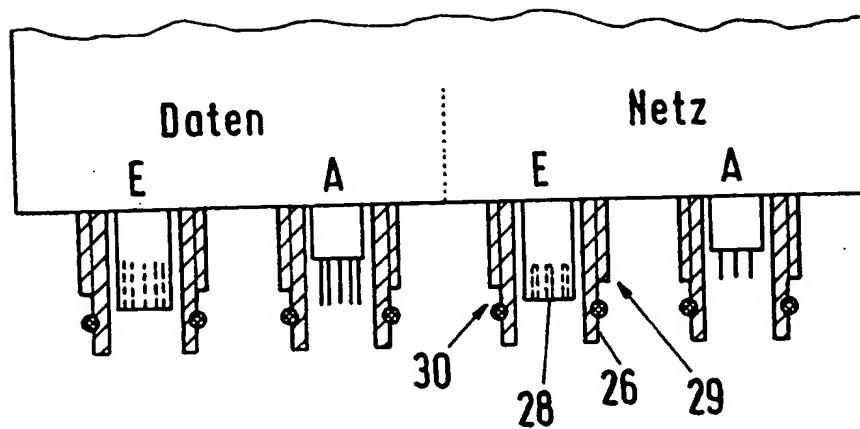


Fig.6

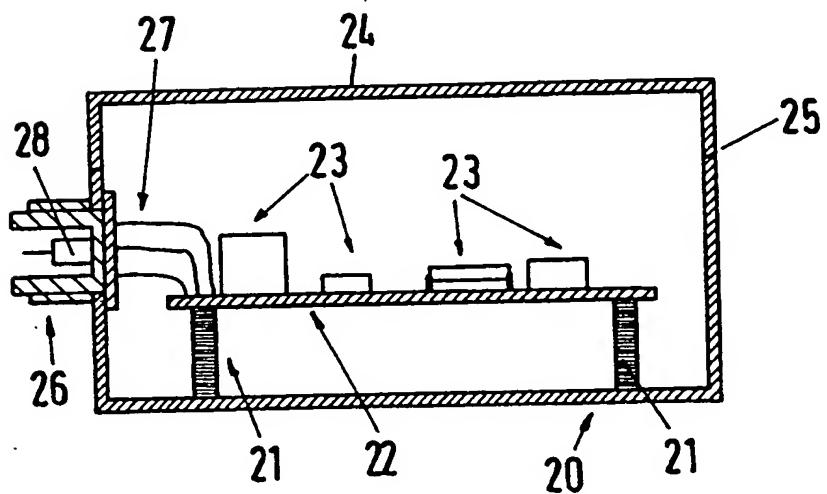


Fig.7

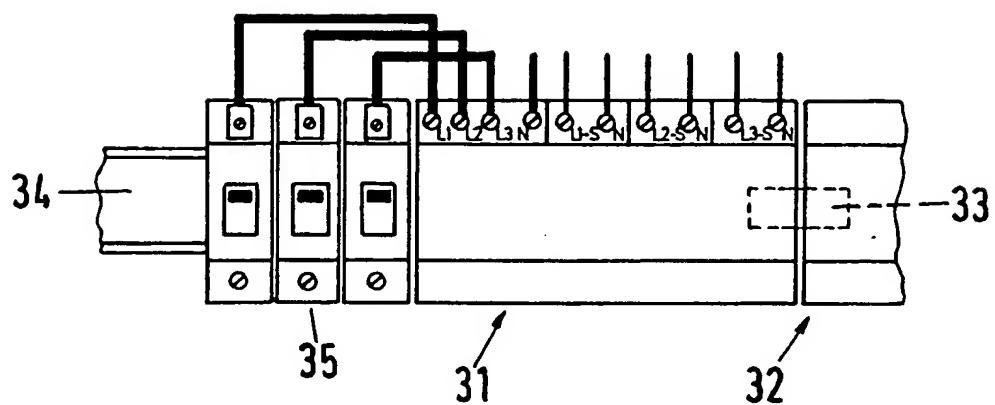


Fig.8

